

# ПРОКАТКА ЗАГОТОВКИ С РАСПОЛОЖЕННОЙ В ОБЪЕМЕ ПОРОЙ

*Еремеева К.В.*

*Руководитель – профессор, д.т.н. Логинов Ю.Н.*

Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н.

Ельцина, ОАО «Уралгипромет», г. Екатеринбург,

**eremeevakv@uralgipromet.ru**

**j.n.loginov@urfu.ru**

Экспериментальными методами изучено поведение одиночной поры при многопроходной прокатке. Предложен ряд показателей, характеризующих деформацию поры при пластической деформации. Выявлена повышенная интенсивность закрытия поры вдоль высотного направления при прокатке, наличие деформации сужения поры по ширине проката и повышенное удлинение поры вдоль направления прокатки.

В промышленности большая часть поверхностных дефектов, в том числе и пор, на прокате выявляется визуально[1-4]. Вместе с тем часть дефектов, в том числе пор, находятся в объеме заготовки, поэтому целью данного исследования является изучение формоизменения одиночно расположенных пор в объеме прокатываемой заготовки.

Опишем деформацию поры в категориях, принятых в теории прокатки. Изменение размеров заготовки (длины  $L$ , ширины  $B$ , высоты  $H$ ) принято описывать с позиции гипотезы несжимаемости, следствием чего является условие сохранения объема  $V$ :

$$V_1/V_0 = (L_1/L_0) * (B_1/B_0) * (H_1/H_0) = \lambda * \beta * 1/(1/\eta) = 1, \quad (1)$$

где индексы 0 и 1 означают состояние размеров заготовки до и после прокатки соответственно;  $\lambda$ ,  $\beta$ ,  $1/\eta$  - коэффициенты вытяжки, уширения и высотной деформации соответственно.

Если для деформируемого металла как для несжимаемого материала отношение  $V_1/V_0$  равно единице, то для поры как сжимаемой среды, это отношение является характеристикой изменения объема  $\Omega$ :

$$\Omega = V_{п1}/V_{п0} = (L_{п1}/L_{п0}) * (B_{п1}/B_{п0}) * (H_{п1}/H_{п0}) = \lambda_{п} * \beta_{п} * 1/(1/\eta)_{п}, \quad (2)$$

где индексы «п» означают принадлежность параметров к поре.

Нулевое значение  $\Omega$  достигается при уменьшении размеров поры до нулевых значений, при этом возможны несколько вариантов: дефект превращается в плоский, линейный или точечный. Ненулевые значения  $\Omega$  свидетельствуют о том, что пора продолжает свое существование.

При рассмотрении многопроходной прокатки накопленный показатель  $\Omega_{\Sigma}$  определяется формулой (3) и заключается в перемножении частных значений  $\Omega_i$  (в одном проходе  $i$ ):

$$\Omega_{\Sigma} = \Omega_1 \cdot \Omega_2 \cdot \dots \cdot \Omega_n = \prod_{i=1}^n \Omega_i \quad (3)$$

Выполнено физическое моделирование поведения расположенной в объеме заготовки поры при прокатке. Предложена специальная методика, заключающаяся в сборке трехслойной полосы с расположением поры цилиндрического профиля в центральном слое (рис. 1).

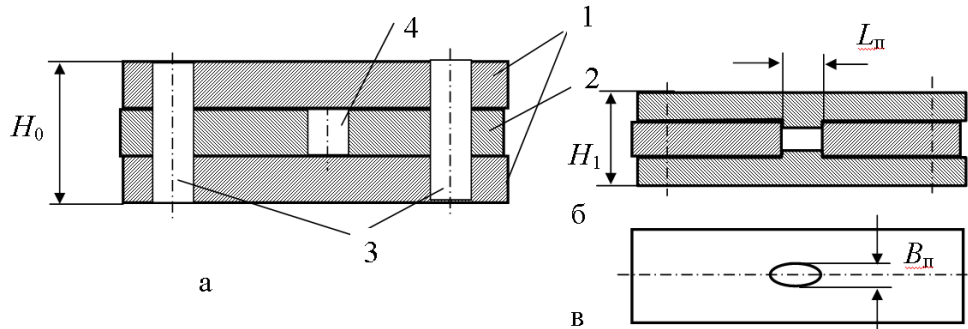


Рис. 1. Деформируемая оснастка для моделирования прокатки полосы с порой до прокатки (а), сбоку (б) и в плане (в) после прокатки: 1 – крайние слои; 2 – центральный слой с порой 4; 3 – деформируемые шпильки

Из технического свинца прокаткой изготавливали полосы 1 и 2 толщиной 7,2 мм шириной 31 мм и нарезали на мерные длины. В центре полосы 2 высверливали отверстие 4 диаметром 6 мм. Из свинца той же плавки изготавливали токарной обработкой две шпильки 3 диаметром 7,6 мм. Зажимали всю сборку в тисках и просверливали два отверстия диаметром 7,5 мм, в которые вставляли шпильки и слегка зачеканивали. Весь пакет в сборе представлял собой заготовку с расположенной внутри порой цилиндрического профиля (ось цилиндра - вдоль толщины образца).

Заготовку подвергали прокатке на прокатном стане с диаметром валков 200 мм, затем разбирали, измеряли параметры поры, вновь собирали, осуществляли следующий проход прокатки, цикл повторяли.

Первый проход прокатки осуществляли при относительном обжатии 31 %, второй – 18 % и третий – 19 % при параметрах  $l/H_{cp}$  соответственно 1,43; 1,19; 1,37, здесь  $l$  и  $H_{cp}$  – соответственно длина и средняя высота очага деформации. Результаты моделирования приведены на рис.2, где отображены величины, характеризующие накопление показателей по проходам прокатки.

По параметру  $\eta_n$  видно, что интенсивность уменьшения высоты поры снижается от первого к третьему проходу, такое снижение можно объяснить затруднением заполнения металлом все более узких свободных пространств.

Коэффициент вытяжки поры  $\lambda_n$  по проходам нарастает. Параметр  $\Omega_{\Sigma}$  нелинейно и интенсивно уменьшается, чему способствует процесс сужения поры и ее обжатия по высоте, причем последний фактор превалирует.

Показатель  $\beta_n$  непрерывно уменьшается по проходам, что говорит о закрытии поры в направлении ширины заготовки. Следует отметить, что по проходам существует процесс уширения заготовки, в этом состоит отличие

прокатки от волочения[5]. Наращивание ширины заготовки приводит к увеличению сопротивления перетеканию материала в сторону свободной боковой поверхности.

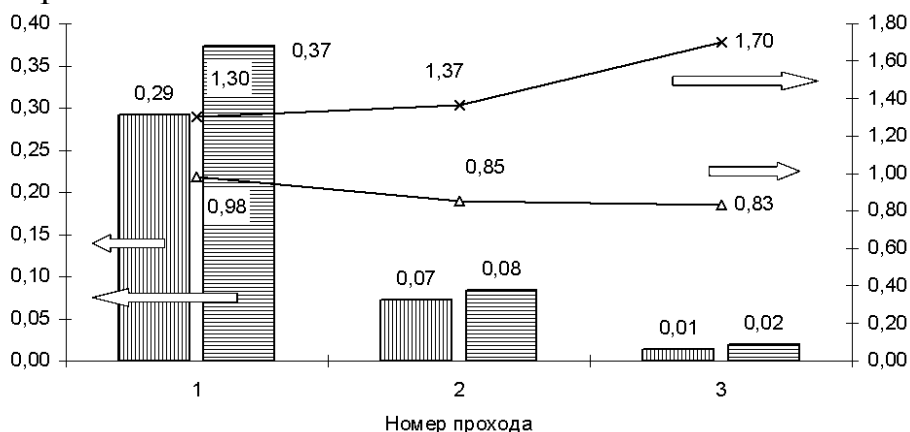


Рис.2. Изменение по проходам прокатки параметров поры:  
 $\eta_{\text{п}}$  – столбцы с вертикальной штриховкой;  $\Omega_{\Sigma}$  – столбцы с горизонтальной штриховкой;  
 $\beta_{\text{п}}$  – нижний график;  $\lambda_{\text{п}}$  – верхний график

Таким образом, в результате моделирования выявлено, что форма получаемого дефекта будет отличаться от формы поры в сторону его вытянутости, сужения по высоте и по ширине. Наличие поры в исходной заготовке приведет к дефекту в виде расположенного в объеме металла расслоя. Поверхность дефекта будет вытянута в направлении прокатки, нормаль к этой поверхности ориентирована в сторону высоты проката.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ:

1. Логинов Ю.Н. Модель деформации поверхностного слоя заготовки, пораженного дефектами. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2001. № 4. С. 36-40.
2. Логинов Ю.Н., Еремеева К.В. Поведение при прокатке дефекта типа поры, примыкающей к поверхности полосы. Производство проката. 2008. № 10. С. 2-6.
3. Логинов Ю.Н. Налипание металла на валки при листовой прокатке. Производство проката. 2006. № 10. С. 9-13.
4. Логинов Ю.Н., Инатович Ю.В. Механизм образования дефектов на полосе при прокатке от налипания на валке. Производство проката. 2008. № 8. С. 5-7.
5. Логинов Ю.Н., Еремеева К.В. Формоизменение одиночно расположенной поры в круглой заготовке при волочении. Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2009. № 4. С. 3-8.6.